

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

**Návrh, výroba, montáž a ověření
funkčnosti zařízení pro zpracování
dřevní hmoty**

Design, Production, Assembly and
Verification Functionality of the Device
for Processing Wooden Substance

Student:

Radek Janků

Osobní číslo

JAN0693

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Filip Kowalovski

Ostrava 2020

Zadání bakalářské práce

Student: **Radek Janků**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Návrh, výroba, montáž a ověření funkčnosti zařízení pro zpracování dřevní hmoty**
Design, Production, Assembly and Verification Functionality of the Device for Processing Wooden Substance
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Popis stávající technologie výroby.
3. Návrh nového řešení.
4. Technicko – ekonomické zhodnocení.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:


PERNIKÁŘ, J.; TYKAL, M.; VAČKÁŘ, J. *Jakost a metrologie, Část metrologie*. Brno : VUT v Brně, 2004. 151 s. ISBN 80-214-1997-0.
PETRŮ, J.; ČEP, R. *Základy montáže*. Ostrava : Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2012. s. 123. ISBN 978-80-248-2773-5.
HAVRILA, Michal; ZAJAC, Jozef; BRYCHTA, Josef; JURKO, Jozef; *Top trendy v obrábění, I. část – Obráběné materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 205 s. ISBN 80-968954-2-7.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Filip Kowalovski**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020


doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry


prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 18. května 2020



.....
Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на вѣдомі, že - podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 18.5.2020.



Podpis studenta

Poděkování

Děkuji Ing. Filipovi Kowalovskému za vedení a cenné rady k bakalářské práci. Dále děkuji firmě NHKZ Steel s.r.o. zastoupenou Ing. Martinem Souralem, MBA za zprostředkování výroby zařízení a jeho praktické rady. Nakonec bych chtěl poděkovat rodině za podporu po celou dobu mého studia.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

JANKŮ, R. *Návrh, výroba, montáž a ověření funkčnosti zařízení pro zpracování dřevní hmoty: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2020, 53 s. Vedoucí práce: Kowalovski, F.

Bakalářská práce se zabývá změnou technologie zpracování dlouhých přesílených kmenů dřevní hmoty a realizací nového zařízení. Investorem této inovace je autor práce. Bakalářská práce je rozdělena do pěti kapitol. První kapitole je úvod do problematiky štípání. Druhá kapitola popisuje stávající technologii výroby. Následuje třetí kapitola, která popisuje možné řešení zpracování. Dále je v kapitole navržena konstrukce zařízení, jeho výroba a montáž. Čtvrtá kapitola se zabývá technicko-ekonomickým zhodnocením nové technologie zpracování. V poslední páté kapitole je závěr.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

JANKŮ, R. *Design, Production, Assembly and Verification Functionality of the Device for Processing Wooden Substance: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining, Assembly and Engineering Metrology, 2020, 53 p. Thesis supervisor: Kowalovski, F.

This bachelor's thesis deals with the change in the technology of processing long reinforced logs of wood and the implementation of new equipment. The investor of this innovation is the author of the work. The bachelor thesis is divided into five chapters. The first chapter is an introduction to the issue of wood-chopping. The second chapter describes the current production technology. The third chapter describes possible solution of the process. Furthermore, the chapter proposes the construction of the device, its production and assembly. The fourth chapter deals with the technical and economic evaluation of the new processing technology. In the last fifth chapter is a conclusion.

Obsah

1.	Úvod	11
1.1	Stručný popis hydraulického štípacího stroje	12
1.2	Definice štípání	12
2.	Popis stávající technologie výroby	13
2.1	Zpracování kmenů do průměru 400 mm	13
2.1.1	Štípací poloautomat Tajfun RCA 400 joy	13
2.1.2	Univerzální kolový traktor Zetor s lesní nástavbou	15
2.1.3	Vyvážecí návěš Dlugpol PD-80	17
2.2	Zpracování kmenů nad průměr 400 mm	18
2.2.1	Motorová pila Stihl MS461	18
2.2.2	Hydraulický štípač Woodster LF 100	19
3.	Návrh nového řešení	20
3.1	Typy uchycení zařízení pro zpracování dlouhých přesílených kmenů	20
3.1.1	Stacionární štípač	20
3.1.2	Mobilní štípač	21
3.2	Typy štípačů pro zpracování dlouhých přesílených kmenů	21
3.2.1	Kuželový štípač	21
3.2.2	Přímočary štípač	22
3.2.3	Štípací kleště	22
3.3	Návrh konstrukce zařízení	23
3.3.1	Přímočarý hydromotor	23
3.3.2	Štípací klín	28
3.3.3	Lineární vedení štípacího klínu	29
3.3.4	Opěrná plocha	31
3.4	Výroba	34
3.4.1	Soustružení	34
3.4.2	Tepelné dělení	36
3.4.3	Frézování	38
3.4.4	Svařování	39

3.5	Montáž	41
3.5.1	Postup skládání štípače	42
3.5.2	Připojení na nosič	43
3.5.3	Hydraulické zapojení	44
3.5.4	Údržba zařízení	45
4.	Technicko – ekonomické zhodnocení	46
4.1	Náklady na výrobu štípače	46
4.2	Návratnost investice	48
5.	Závěr	49

Seznam použitých zkratk a symbolů

F_{\max}	maximální síla při rozdělení tělesa	[N]
S_{ξ}	plocha štípání	[mm ²]
R_w	štípatelnost	[Pa]
L_{\max}	maximální průměr štípaného kmene	[mm]
V_1	objem přímočarého hydromotoru při plném výsuvu	[m ³]
V_2	objem přímočarého hydromotoru při plném zasunutí	[m ³]
r_1	poloměr pístu	[m]
r_2	poloměr pístní tyče	[m]
L_v	délka výsuvu hydromotoru	[m]
S_1	plocha přímočarého hydromotoru při pracovním chodu	[m ²]
S_2	plocha přímočarého hydromotoru při zpětném chodu	[m ²]
t_1	doba pracovního výsuvu	[s]
$V_{\check{c}}$	průtok čerpadla o průtoku	[dm ³ ·min ⁻¹]
t_2	doba zpětného chodu	[s]
F_1	síla přímočarého hydromotoru	[N]
P_1	tlak v hydraulickém okruhu	[Pa]
l_{red}	redukováná délka pístní tyče	[mm]
J_{xp}	kvadratický moment pístní tyče	[mm ⁴]
D_p	průměr pístnice	[mm]
S_p	průřez pístní tyče	[mm ²]
λ	štíhlost pístní tyče	[-]
l_{red}	redukováná délka pístní tyče	[mm]
β	součinitel závislý na uložení	[-]
λ_m	kritická štíhlost pístní tyče	[-]
E	modul pružnosti	[MPa]
σ_u	napětí na mezi úměrnosti materiálu pístní tyče	[MPa]
F_{KR}	kritická síla	[N]
k	míra bezpečnosti	[-]
S_c	průřez čepu	[mm ²]
d_c	průměr čepu	[mm]
τ_s	smykové napětí	[MPa]
τ_{DS}	dovolené smykové napětí	[MPa]
R_c	mez kluzu	[MPa]
σ_{red}	reduované napětí podle podmínky HMM	[MPa]

σ_{DO}	dovolené napětí materiálu v ohybu	[MPa]
P_s	stykový tlak	[MPa]
p_D	dovolené otláčení	[MPa]
t_s	tloušťka spojovaných součástí	[mm]
F_r	rozdělovací síla	[N]
p_o	přídavek na obrábění	[mm]
d_{max}	největší průměr čepu	[mm]
D_o	obráběný průměr	[mm]
vc	řezná rychlost	[m.min ⁻¹]
n	otáčky vřetene	[min ⁻¹]
D_f	průměr frézy	[mm]
z	počet zubů frézy	[-]
fz	posuv obrobku na jeden zub	[mm]
a_e	šířka záběru	[mm]
a_p	hloubka řezu	[mm]
CNC	Computer Numerical Control	
HPCO	High Pressure Carry Over	
DXF	Drawing Exchange Format	
VBD	Vyměnitelná břitová destič	

1. Úvod

V bakalářské práci byla řešena problematika technologie zpracování palivového dřeva. Jelikož je ročně zpracováno přibližně 300 metrů krychlových palivového dřeva a tento počet stále stoupá, bylo rozhodnuto upravit výrobní technologii pro zvýšení rychlosti a efektivity práce. Stávající technologie spočívala ve zpracování kmenů dlouhých až 6 metrů a silných až 0,4 metrů, pomocí štípacího poloautomatu. Problém nastal při zpracování kmenů o větším průměru než je 0,4 metru, kterých je přibližně 20 % z celkového objemu. Tyto kmeny se musely za pomoci motorové pily zkrátit na požadovanou délku a pomocí hydraulického štípače rozdělit na štěpiny. Celý tento proces byl velmi zdoluhavý a fyzicky náročný. Nově navržená technologie se zakládá na zpracování dlouhých kmenů o větším průměru než je 0,4 metrů na menší průměr, za pomoci hydraulického štípače pro zpracování dlouhých kmenů a následné zpracování pomocí štípacího poloautomatu. Cílem bakalářské práce bylo zefektivnit výrobu palivového dřeva.

1.1 Stručný popis hydraulického štípacího stroje

Základní nosný skelet štípacího stroje je řešen jako svařenec z ocelových výpalků a profilů, které slouží zpravidla pro vedení mechanismu určeného ke štípaní. Dále je na něj upnut ocelový výpalek ve tvaru U, který slouží jako opora štípaného kmene. Samotnou funkci štípaní uskutečňuje hydraulický píst, který je umístěn v rámu stroje. Konec pístu je připevněn na ocelový profil, který tvoří rozšiřovací (štípací) klín poskytující dělení materiálu. Hydraulický okruh je poháněn z okruhu stroje, na který je připevněn.

1.2 Definice štípaní

Aby bylo možné určit potřebnou sílu k rozštípnutí dřeva s určitými parametry, kterou musí vyvinout hydromotor, musíme definovat pojem štípatelnost dřeva.

Štípatelnost dřeva je složitý fyzikální jev, při kterém pomocí vnikání klínu do dřeva dochází k jeho dělení. K rozštípnutí dřeva dochází za současného působení tlaku i ohybu. Štípatelnost je dána silou, která poruší zkušební těleso a výpočet odolnosti proti štípaní je dán obecným vztahem pro napětí. ²

$$R_w = \frac{F_{\max}}{s_s} \text{ [MPa]}$$

Tabulka 1.1 - Odolnost dřeva vůči štípaní. ²

Štípatelnost dřeva je vystihnuta jako schopnost dřeva klást odpor proti rozdělení na dvě části. Odolnost proti rozštípnutí je udávána v radiální a tangenciální směru vláken. U listnatého dřeva je odolnost vnikání klínu větší v tangenciální rovině než radiální rovině. U jehličnatého dřeva je tento rozdíl podstatně menší. Obecně je u listnatého dřeva větší schopnost odolávat vnikání klínu, než u dřeva jehličnanů. Některé parametry jsou uvedeny v tabulce. ²

druh dřeva	odolnost proti štípaní (MPa)			
	v radiální rovině		v tangenciální rovině	
	při vlhkosti		při vlhkosti	
	12 %	> 30 %	12 %	> 30 %
modřín	0,26	0,16	0,26	0,16
borovice	0,22	0,14	0,22	0,14
smrk	0,18	0,11	0,18	0,11
akát	0,40	0,25	0,53	0,32
jasan	0,43	0,27	0,45	0,27
dub	0,32	0,20	0,44	0,27
buk	0,33	0,20	0,50	0,30
habr	0,41	0,25	0,55	0,34
topol	0,19	0,12	0,25	0,16

2. Popis stávající technologie výroby

Stávající technologie pro zpracování kmenů do průměru 400 mm je založena na štípacím poloautomatu Tajfun RCA 400 joy, který dokáže zpracovat kmeny až do průměru 400 mm. Ke zpracování kmenů o větším průměru, než je 400 mm, slouží motorová pila Stihl MS461 a štípač dřeva Woodster LF 100. Pro manipulaci s kmeny slouží vyvážecí souprava tvořená univerzálním kolovým traktorem Zetor 7245 v lesní nástavbě MA 6-018 a vyvážecím vlekem Dlugpol PD80.

2.1 Zpracování kmenů do průměru 400 mm

Kmeny jsou na manipulačním skladě vytrženy a jsou za pomoci vyvážecí soupravy dopraveny ke štípacímu poloautomatu. Zde jsou složeny hydraulickou rukou na příčný dopravník a jsou postupně odebírány podélným dopravníkem. Kmeny jsou řezány na požadovanou délku pilovým řetězem. Po uříznutí padá špalek do štípací komory a je rozštípnut až na šest štěpin. Pomocí dopravníku jsou štěpiny odebírány a sypány na hromadu.

2.1.1 Štípací poloautomat Tajfun RCA 400 joy

Štípací poloautomat vyráběný slovinskou firmou Tajfun, určený ke zkracování dlouhého dřeva a jeho štípaní na štěpiny do délky 50 cm. Stroj je vybaven pilovým řetězem s dlátovitým profilem zubu a roztečí 3/8 palce a délce 43 cm. Pilový řetěz dosahuje až 12 000 ot / min a je spouštěn přes dvojitou lamelovou spojku ovládanou hydraulicky, tímto je zaručen rychlý rozběh i doběh. Přítlak pilové lišty je ovládán hydraulickým válcem s regulací rychlosti chodu i maximální silou přítlaku. Po celý cyklus řezání je kmen automaticky přidržován přítlačnou pákou a řezaný špalek podpírán dvěma podpěry. Po uříznutí jsou podpěry otevřeny a špalek padá do štípacího prostoru, kde je pomocí hydraulického pístu protlačován přes štípací nůž. Hydraulický píst je schopen vyvinout sílu až 150 kN při tlaku 25 MPa a je vybaven dvěma rychlostmi chodu, které se automaticky mění v závislosti na potřebné síle. Tímto způsobem je dosaženo štípacího cyklu 2,7 sekundy. Štípací nůž štípe špalky na šest štěpin a je výškově nastavitelný pro dosažení ideální velikosti štěpin. Štěpiny jsou vytlačovány na dopravníkový pás o délce 4 metry s plně nastavitelnou rychlostí 0 - 0,6 m/s. Proces štípaní a řezání je ovládán obsluhou za pomoci joysticku.⁴

Obr.2.1 Štípací poloautomat tajfun ⁴Tabulka 2.1 - parametry RCA 400 JOY ⁴

Technické údaje RCA 400 JOY
Délka řezání (cm) 20-50
Max. průměr kmene (cm) 10-40
Pila Oregon 17", b= 1,5 mm
Řetěz 3/8" Oregon Multicut
Síla štípání – Fp (kN) 150 – dvě rychlosti štípání
Šířka, výška, délka (pracovní poloha) (cm) 610 x 315 x129
Šířka, Výška, Délka (pro převoz) (cm) 235 x 248 x 129
Hmotnost (+dopravní pás) (kg) 950 kg + 130
Potřebný příkon traktoru – P (kW) 30 (60 – pro převoz)
Požadovaná rychlost vstupního hřídele (ot.min ⁻¹) 400-430
Dopravník
Dvě výsuvné části s automatickým hydraulickým napínáním pásu
Délka (m) 4
Šířka (m) 0,43
Rychlost (m/s) regulovatelná; od 0-0.6
Hmotnost 130 kg
Elektrický pohon
El. Motor 11kW – 12 V (25 A); 1,500 ot.min ⁻¹
Rychlost vývodového kardanového hřídele 430 ot.min ⁻¹
Hmotnost (kg) 197

2.1.2 Univerzální kolový traktor Zetor s lesní nástavbou

Jedná se o zemědělský kolový traktor Zetor 7245 vyráběný Zbrojovkou Brno v letech 1984 – 1992 vybavený lesní nástavbou pro soustřeďování dříví MA 6-018.

Tabulka 2.2 - parametry Zetor 7245 ⁵

Motor	Z7201
Počet válců	4
Obsah válců (cm ³)	3595
Vrtání/zdvih (mm)	102/110
Výkon (kW)	46
Jmenovité otáčky (ot.min ⁻¹)	2200
Kompresní poměr	17:1
Měrná spotřeba (g.kW ⁻¹ ,h ⁻¹)	246
Max. točivý moment při ot.min ⁻¹ (Nm)	223,6/1500
Převýšení točivého momentu (%)	12
Rozvod	OHV
Převodovka - počet převodových stupňů	
-vpřed/vzad	10/2
-s násobičem točivého momentu (Nm)	20/4
Maximální rychlost	25 km.h ⁻¹
Hydraulika	
Dodávka čerpadla (l.min ⁻¹)	32
Maximální tlak v okruhu (MPa)	16+2
Zvedací síla (kN)	24
Hlavní rozměry (mm)	
Délka, Šířka, Výška	3765 x 1980 x 2850
Světlá výška	363
Rozvor	2222
Přední, zadní pneumatiky	11,2-24 x 16,9-30
Hmotnost traktoru (Kg)	3985

Obr.2.2 Zetor s lesní nástavbou⁶

Lesní nástavba MA 6-018 pro soustřeďování dříví s lanovým navijákem TUN40, čelním rampovačem ACR-014 a ochrannou vanou BOV-074.

Tabulka 2.3 - parametry Zetor MA 6-018 ⁶

TUN 40	
Maximální tažná síla při plném bubnu (kN)	40
Teoretická kapacita bubnu (ocelové lano)	60 m / 14 mm (podle ISO 6687)
Ovládání	Pneumatické
Hmotnost (kg)	420
ACR-014	
Max. zdvih nad terén (mm)	1210
Pod úroveň terénu (mm)	280
Nosnost (kg)	2200
Hmotnost (kg)	340
MA 6-018	
Celková délka (mm)	5100
Maximální výška (mm)	2800
Maximální šířka (mm)	2100
Maximální světlá výška (mm)	320
Celková hmotnost (kg)	5600

2.1.3 Vyvážecí návěs Dlugpol PD-80

Lesní vyvážecí návěs s páteřovou konstrukcí rámu a tandemovými nápravami o celkové maximální hmotnosti 10 500 kg. Návěs je vybaven hydraulickou rukou s dosahem 6,6 metrů a nosností 350 Kg při plném výsuvu výložníku. Hydraulický okruh má vlastní čerpadlo poháněné vývodovou hřídelí traktoru s průtokem 50 l.min^{-1} a tlakem 18 MPa. Jednotlivé funkce jsou ovládány osmi-sekčním hydraulickým rozvaděčem s křížovým ovládáním.¹⁰



Obr.2.3 Vyvážecí návěs¹⁰

Tabulka 2.4 - parametry Dlugpol PD-80¹⁰

Podvozek	PD80
Celková délka (mm)	5500
Ložná délka (mm)	3500-4500
Světlá výška (mm)	550
Šířka (mm)	1950
Nosnost (kg)	8000
Hmotnost (kg)	1330
Počet párů klanic (ks)	5
Hydraulická ruka	Rys 350TH
Maximální délka (mm)	6600
Maximální nosnost na konci ramena (Kg)	350
Počet válců otoče	4
Průtok čerpadla (l.min^{-1})	50
Hmotnost (kg)	980

2.2 Zpracování kmenů nad průměr 400 mm

Při zpracování kmenů nad průměr 400 mm se nejprve kmeny zkrátí na požadovanou délku za pomoci motorové pily Stihl MS461 a vzniknout tzv. špalky. Ty jsou dále zpracovány pomocí hydraulického štípače Woodster LF 100, který dělí špalky na požadovaný požadovanou velikost štěpin. Tato činnost je velice fyzicky namáhavá a zdoluhavá.

2.2.1 Motorová pila Stihl MS461

Profesionální řetězová pila s dvoudobým spalovacím motorem o objemu 76,5 cm³ určená do nejtěžších podmínek vybavena pilovým řetězem s 66 zuby a délce vodící lišty 45 cm.



Obr.2.4 Motorová pila stihl ⁷

Tabulka 2.5 - parametry Stihl MS 461 ⁷

Zdvihový objem [cm ³]	76,5
Výkon [kW]	4,4
Hmotnost [kg]	6,7
Hmotnost/výkon [kg/kW]	1,52
Kroutící moment (N.m)	5,2 při 6500 ot. min ⁻¹
Objem palivové nádrže [cm ³]	800
Objem olejové nádrže [cm ³]	325

2.2.2 Hydraulický štípač Woodster LF 100

Vertikální hydraulický štípač pro štípání dřeva až do délky 135 cm s maximální štípací silou 100 kN. Štípač disponuje stavitelným stolem, pomocí kterého dokáže štípat i kratší špalky.

Tabulka 2.6- parametry Woodster LF 100⁸

Motor	400 V/50 Hz
Příkon	3 600 W
Štípací tlak:	10 t
Rychlost štípání	5 cm/s
Rychlost zpět	11 cm/s
Olejová náplň	6 l
Hmotnost	149 kg



Obr.2.5 Vertikální hydraulický štípač⁸

3. Návrh nového řešení

Nový způsob zpracování kmenů o větším průměru než je 0,4 metru, se nabízí více řešení. Můžeme jej rozdělit na dva základní způsoby, které jsou vnikání klínu proti růstu kmene do délky a nebo proti růstu kmene do šířky.⁹

Při vnikání klínu proti délce kmenu jsme limitováni maximální délkou kmene, kterou nám omezuje konstrukce štípače. Při ideální délce kmenu 4 metry, která je vhodná pro další zpracování, musí být celková konstrukce štípače dlouhá minimálně 5 metrů. Takové zařízení je však velmi velké a těžké, tím pádem pro dané použití zcela nevyhovující.

Při vnikání klínu proti šířce kmenu jsme limitováni pouze maximálním průměrem kmenu, kterou nám omezuje konstrukce štípače. Při zpracování kmenů do průměru 0,8 metru může být celková velikost zařízení do dvou metrů v závislosti na konstrukci. Takový štípač splňuje podmínky mobility.

3.1 Typy uchycení zařízení pro zpracování dlouhých přesílených kmenů

Zařízení pro zpracování dlouhých přesílených kmenů dřevní hmoty je možné rozdělit z hlediska uchycení na nosič na stacionární a mobilní.

3.1.1 Stacionární štípač

Štípač je připevněn podvozku vybaveném hydraulickou rukou. Toto řešení je vhodné pro hydraulické ruky s nízkým zdvihovým momentem z důvodu vysoké vlastní hmotnosti zařízení. Řešení přináší i výhodu a to, že hydraulická ruka je vybavena plnohodnotným drapákem pro úchop kmenů. Tlak pracovního media je brán z hydraulického okruhu hydraulické ruky.



Obr.3.1 Štípač A.Moser³¹

3.1.2 Mobilní štípač

Zařízení je agregováno s hydraulickou rukou, případně hydraulickým ramenem o vhodném zdvihovém momentu. Splňuje rovněž i funkci drapáku pro manipulaci s kmeny. Nevýhodou je nemožnost použití protisíly pro roztrhnutí rozštípnutého kmenu. Tlak pracovního média je brán z hydraulického systému stroje.



Obr.3.2 Štípač od firmy Westtech³²

3.2 Typy štípačů pro zpracování dlouhých přesílených kmenů

Dle principu pohybu při štípaní můžeme dělit zařízení na kuželové rotační, posuvné přímočaré a štípací kleště.

3.2.1 Kuželový štípač

Funguje na principu otáčení kónického závitového trnu, který je poháněn hydromotorem s převodovkou, jenž zajišťuje vysoký točivý moment. Závitový trn je vyroben z ořezavzdorného materiálu a má výměnnou špičku z kalené oceli.



Obr.3.3 Kuželový štípač firmy Zeier³³

3.2.2 Přímočary štípač

Zařízení funguje na přímočarém pohybu, jenž vykonává hydraulický válec. Štípací klín je veden ve čtyřhranném ocelovém profilu. Břit je vyroben z otěruvzdorného materiálu. Kmen je tlačén štípacím klínem proti pevné ploše.



Obr.3.4 Přímočarý štípač firmy Liebherr³⁴

3.2.3 Štípací kleště

Hlavní bod otáčení probíhá v čepu. Hydraulický válec tlačí přes páku, tímto docílíme většího rozpětí průměru kmenů proti délce chodu hydraulického válce. Břit je vybaven rolkami snižující tření při dělení kmenů.



Obr.3.5 Štípač L od firmy Westtech³²

3.3 Návrh konstrukce zařízení

V návrhu zařízení byla zvolena konstrukce posuvného štípače a to díky její jednoduché konstrukci a převažování výhod nad nevýhody při daném použití. Tato konstrukce splňuje požadavky na maximální průměr kmene 800 mm a štípací sílu 220 kN. Štípač je instalován na vyvážecím přívěsu s hydraulickým ramenem, ze kterého bere tlak hydraulické kapaliny. Řízení toku kapaliny je pomocí stávajícího hydraulického rozvaděče dovybaveného elektricky spínaným 6/2 ventilem.

Požadované parametry:

Průtok oleje z okruhu vyvážecího přívěsu

$$Q = 50 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} = 8,333 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$p_h = 18 \text{ MPa}$$

Štípací síla

$$F = 220\,000 \text{ N}$$

Při tlaku 18 MPa

$$L_{\max} = 800 \text{ mm}$$

Hlavní tělo štípače, které zároveň slouží i jako vedení štípacího klínu, je tvořeno ze svařovaného dutého profilu s čtvercovým průřezem tvářeným za studena, které nese označení ČSN EN 10219 - 200 x 200 x 8. Do hlavního profilu těla štípače je vložen profil ČSN EN 10219- 180x180 x 8, který slouží jako štípací klín. Uvnitř štípacího klínu se nachází přímočarý hydromotor, který je uchycen na čepech a jeho maximální výsuv je 1000 mm. Opěrná plocha je vytvořena z ocelových výpalků ve tvaru "U" o síle 20 mm jenž umožňuje sklopení pro lepší přepravu.

3.3.1 Přímočarý hydromotor

Dvojčinný přímočarý hydromotor je srdcem každého hydraulického štípače. Slouží jako zdroj síly pro štípání. Velikost přímočarého hydromotoru určuje velikost tlačné i tažné síly a tím pádem i rychlost vysouvání a zasouvání v závislosti na tlaku a průtoku hydraulického čerpadla.

Pro požadovanou sílu 220 000 N při tlaku 18 MPa jsem zvolil hydraulický píst z normalizované řady o vnitřním průměru 125 mm průměru pístní tyče 63 mm a zdvihu 1000 mm z katalogu firmy REROSA – HYDRAULIKA, s.r.o. ¹¹

Tabulka 3.1 - parametry přímočarého hydromotoru ¹¹

Přímočarý hydromotor série HM1.2		
Jmenovitý tlak (MPa)	16	
Max. pracovní tlak (Mpa)	20	
Zkušební tlak (Mpa)	24	
Max. pracovní rychlost (m/s)	0,5	
Teplota pracovní kapaliny (°C)	-30 až + 100	
Popis	Symbol	Hodnota [mm]
Vnitřní průměr válce	D	125
Průměr pístní tyče	d	63
Průměr pístního oka	d ₁	50
Zdvih hydromotoru	L _v	1000

Výpočet doby cyklu hydromotoru

$$S_1 = \pi \cdot r_1^2 [\text{m}^2]$$

$$S_1 = 3,14 \cdot 0,0625^2 = 0,01227 \text{ m}^2$$

$$V_1 = S_1 \cdot l_v [\text{m}^3]$$

$$V_1 = 0,01227 \cdot 1 = 0,01227 \text{ m}^3 = 12,27 \text{ dm}^3$$

$$S_2 = S_1 - (\pi \cdot r_2^2) [\text{m}^2]$$

$$S_2 = 0,01227 - (3,14 \cdot 0,0315^2) = 0,09153 \text{ m}^2$$

$$V_2 = 0,09153 \cdot 1 = 0,09153 \text{ m}^2 = 9,153 \text{ dm}^3$$

Z výsledku rovnice a známého průtoku hydraulického čerpadla můžeme poté pomocí jednoduchého vztahu vypočítat potřebný čas k vysunutí pístu do koncové polohy.

$$t_1 = V_1 \cdot \frac{60}{V_{\dot{\epsilon}}} [\text{s}]$$

$$t_1 = 12,27 \cdot \frac{60}{49,5} = 14,9 \text{ s}$$

Vysunutí do koncové polohy trvá 14,9 sekundy, což je pro danou potřebu vyhovující.

$$t_2 = V_2 \cdot \frac{60}{V_c} [\text{s}]$$

$$t_2 = 9,153 \cdot \frac{60}{49,5} = 11,1 \text{ s}$$

Zasunutí do počáteční polohy trvá 11,1 sekundy.

Výpočet maximální síly přímočarého hydromotoru při tlaku 18 MPa

$$F_1 = p_1 \cdot S_1 [\text{N}]$$

$$F_1 = 18 \cdot 10^6 \cdot 0,01227 = 220\,860 \text{ N}$$

Z rovnice byla získána maximální síla přímočarého hydromotoru, která činí 220 860 N. Tato hodnota přesahuje požadovanou hodnotu 220 000 N, tím pádem je zvolený přímočarý hydromotor vyhovující.

Kontrola vzpěrné stability pístní tyče hydromotoru

Byla provedena kontrola pístní tyče na vzpěr, aby bylo zaručeno, že se nezdeformuje pod maximální silou. Průměr pístní tyče u zvoleného přímočarého hydromotoru je 63 mm. Celková délka hydromotoru je oko-oko 1335 mm. V katalogu firmy REROSA – HYDRAULIKA, s.r.o. je uveden materiál pístní tyče přímočarého hydromotoru Ck45, 20MnV6 ¹²

Parametry materiálu pístní tyče podle ČSN 41 2050. ¹³

Ocel CK45 (12 050.2)

Mez kluzu $R_e = 390 \text{ MPa}$

Modul pružnosti $E = 210\,000 \text{ MPa}$

Redukovaná délka pístní tyče ¹⁴

$$l_{\text{red}} = l$$

$$l_{\text{red}} = 1335 [\text{mm}]$$

Kvadratický moment pístní tyče ¹⁴

$$J_{xp} = \frac{\pi \cdot d_p^4}{64} [\text{mm}^4]$$

$$J_{xp} = \frac{\pi \cdot 63^4}{64} = 7,732 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$$

Průřez pístní tyče ¹⁴

$$S_p = \frac{\pi \cdot d_p^2}{4} [\text{mm}^2]$$

$$S_p = \frac{\pi \cdot 63^2}{4} = 3,117 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

Štíhlost pístní tyče ¹⁴

$$\lambda = \frac{l_{\text{red}}}{\sqrt{\frac{J_{\text{xp}}}{S_p}}} [-]$$

$$\lambda = \frac{1335}{\sqrt{\frac{7,732 \cdot 10^5}{3,117 \cdot 10^3}}} = 84,762$$

Mezní štíhlost ¹⁴

$$\lambda_m = \pi \cdot \sqrt{\beta} \cdot \sqrt{\frac{E}{\sigma_u}} [-]$$

$$\lambda_m = \pi \cdot \sqrt{1} \cdot \sqrt{\frac{21 \cdot 10^4}{390}} = 72,9$$

Pro výsledek $\lambda = 84,762 > \lambda_m = 72,9$ se provádí kontrola na vzpěrnou pevnost podle Eulera. ¹⁴

$$F_1 < F_{\text{KR}} [\text{N}]$$

$$F_{\text{KR}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{I_{\text{red}}^2} [\text{N}]$$

$$F_{\text{KR}} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 7,732 \cdot 10^5}{1335^2} = 899\,183,55 \text{ N}$$

Míra bezpečnosti ¹⁴

$$k = \frac{F_{\text{KR}}}{F} [-]$$

$$k = \frac{899\,183,55}{220\,860} = 4,07$$

Pístní tyč vyhověla kontrole na vzpěr, jelikož $F_1 < F_{\text{KR}}$

Kontrola čepu přímočarého hydromotoru

Byla provedena kontrola čepů, aby bylo zaručeno, že přenesou maximální sílu přímočarého hydromotoru, která činní 220 860 N. Průměr čepů je 50 mm a jsou vyrobeny

z oceli 11 600 s dovoleným smykovým napětím $\tau_{DS} = 65 \text{ MPa}$ a dovoleným otláčením $\rho_{DO} = 110 \text{ MPa}$ ¹⁵

Kontrola na střih

$$S_c = \frac{\pi \cdot d_c^2}{4} [\text{mm}^2]$$

$$S_c = \frac{\pi \cdot 50^2}{4} = 1963,50 \text{ mm}^2$$

Výpočet smykového napětí

$$\tau_s = \frac{F_1}{2 \cdot S_c} [\text{MPa}]$$

$$\tau_s = \frac{220\,860}{2 \cdot 1963,50} = 56,24 \text{ MPa}$$

$$\tau_s = 56,24 \text{ MPa} \leq 65 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Kontrola podmínky HMM

Pro materiál 11 600 $k=2$ $R_c = 340 \text{ MPa}$ $\sigma_{DO} = 125 \text{ MPa}$ ¹⁵

$$\sqrt{\sigma_{DO}^2 + 3 \cdot \tau_{DS}^2} \leq \sigma_{RED}$$

$$\sqrt{\sigma_{DO}^2 + 3 \cdot \tau_{DS}^2} \leq \frac{R_c}{k}$$

$$\sqrt{125^2 + 3 \cdot 65^2} \leq \frac{340}{2}$$

$$168,23 \text{ MPa} \leq 170 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Kontrola čepu na otláčení

Síla spojovacích součástí $t = 2 \times 30 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$

Dovolené otláčení $p_D = 110 \text{ MPa}$

$$p_s = \frac{F}{S} \leq p_D$$

$$p_s = \frac{F_R}{d_\xi \cdot t_s} \leq p_D$$

$$p_s = \frac{220\,860}{50 \cdot 60}$$

$$p_s = 73,62 \text{ MPa}$$

$$73,62 \text{ MPa} \leq 110 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

3.3.2 Štípací klín

Štípací klín slouží k rozštípnutí kmene na více částí. Jeho tvar a velikost má vliv na funkci celého stroje. Když je jeho úhel příliš malý, dochází spíše k řezání než štípání, tím pádem nedojde k roztržení celého kmene. Pokud je jeho úhel příliš velký, má klín problém vniknout do kmene a je zapotřebí velká síla. Klín je namáhán na otěr, a proto musí být vyroben z vhodného materiálu.

U zvolené konstrukce je uvnitř klínu umístěn přímočarý hydromotor, tím pádem musí mít klín vnitřní rozměr větší než je průměr přímočarého hydromotoru s hydraulickým potrubím. Vnější průměr přímočarého hydromotoru je 145 mm a pro ten rozměr se naskytuje možnost použít dutý uzavřený ocelový profil se čtvercovým průřezem normy ČSN EN 10219-2 o vnějších rozměrech 180x180 mm a tloušťky stěny 8 mm. Materiál zvoleného profilu je ocel 11 523 (obdobná oceli S355J2). Vnitřní rozměry uzavřeného profilu jsou 164x164 mm a je tedy možné do něj vložit přímočarý hydromotor o vnějším průměru 145 mm.¹⁶

Úhel štípacího klínu

Byl zvolen štípací klín se dvěma stupni uhlů. První stupeň, který má úhel 55° slouží ke vnikání klínu do kmene a zároveň zabraňuje případnému zaseknutí klínu do opěrné plochy. Druhý stupeň, který má úhel 35°, slouží k úplnému rozdělení kmene.

Rozklad sil na klínu:

Rozdělovací síla

$$F_r = \tan \alpha \cdot F$$

$$F_r = \tan 55^\circ \cdot 220\,860$$

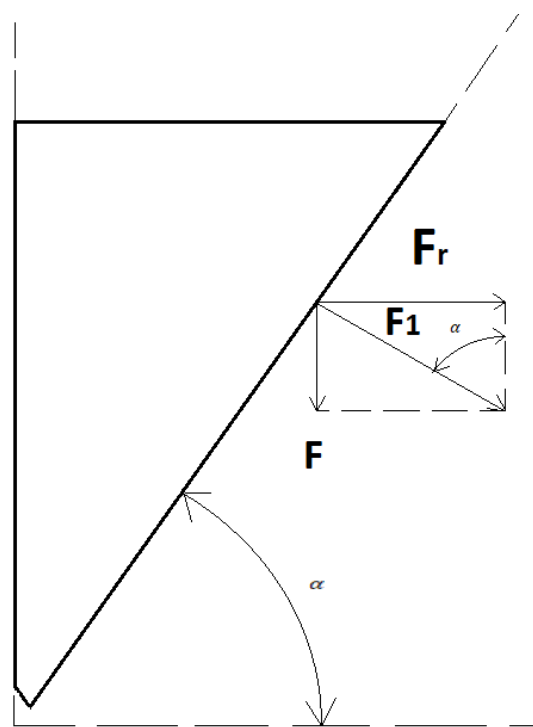
$$F_r = 315\,420\text{ N}$$

Síla působící na štípaný kmen.

$$F_1 = \frac{F_r}{\sin \alpha}$$

$$F_1 = \frac{315\,420}{\sin 55^\circ}$$

$$F_1 = 385\,056\text{ N}$$



Obr.3.6 Schéma štípacího klínu

Materiál břitu štípacího klínu

Pro štípací klín byla použita kalená a popouštěná ocel Toolox 33, která již nevyžaduje další tepelné zpracování. Ocel disponuje výbornou obrobiteľnosťou, pretože má vysokou tvrdosť 300 HB. Toolox 33 není určen pro následné tepelné zpracování, neměl by být vystaven teplotě vyšší jak 590 °C, kdy není možné garantovat vlastnosti materiálu. Je vhodný také k nitridaci a povrchovým úpravám, ale při teplotách pod 590°C. Hlavní výhodou tohoto materiálu je možnost jej svařovat s podmínkou předehřevu min. 175 °C a doporučuje se žihání ke snížení pnutí.¹⁷

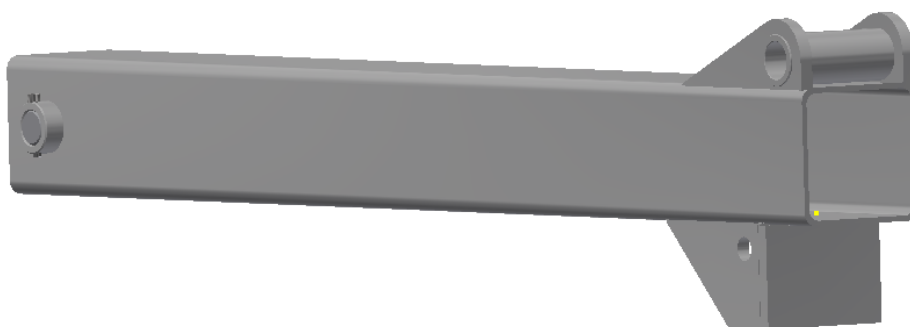
Tabulka 3.2 - parametry toolox 33¹⁷

Mez pevnosti, R _m [Mpa]	1080
Mez pružnosti, R _{p0,2} [Mpa]	950
Tažnost, A ₅ [%]	16
Rázová houževnatost [J]	100
Tvrdost, [HBW]	310
Tvrdost, [HRC]	29

3.3.3 Lineární vedení štípacího klínu

Pro přímočaré vedení štípacího klínu, které tvoří hlavní tělo konstrukce byl použit dutý uzavřený ocelový profil čtvercového průřezu jakosti 11 523 s vnějším rozměrem 200x200 mm a síle stěny 8 mm. Při vložení štípacího klínu o průřezu 180x180 bylo dosaženo mezery o velikosti 4 mm, která je ideální pro chod klínu. Součinitel tření při pohybu styčných ploch profilů bez mazání dosahuje součinitelů f 0,17. Při použití vhodného maziva byl získán součinitel tření f 0,05.²⁰

Na vedení štípacího klínu je připevněna pomocí čepového spoje o průměru 55 mm opěrná plocha, která umožňuje sklopení pro snadnou přepravu štípače. Opěrná plocha je podpírána podpěrou tvořenou ocelovými výpalky a zajištěna čepem pro aretaci pohybu.



Obr.3.7 Vedení štípacího klínu

Kontrola čepového spoje

Byla provedena kontrola čepu, aby bylo zaručeno, že přenesení maximální sílu. Průměr čepu je 55 mm a je vyroben z oceli 11 600 s dovoleným smykovým napětím $\tau_{DS} = 65 \text{ MPa}$ a dovoleným otláčením $\rho_{DO} = 110 \text{ MPa}$.¹⁵

Kontrola na střih

$$S_c = \frac{\pi \cdot d_c^2}{4} [\text{mm}^2]$$

$$S_c = \frac{\pi \cdot 55^2}{4} = 2375,83 \text{ mm}^2$$

Výpočet smykového napětí

$$\tau_s = \frac{F_1}{2 \cdot S_c} [\text{MPa}]$$

$$\tau_s = \frac{220\,860}{2 \cdot 2375,83} = 46,48 \text{ MPa}$$

$$\tau_s = 46,48 \text{ MPa} \leq 65 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Kontrola podmínky HMH

$$\text{Pro materiál 11 600 } k=2 \quad R_c = 340 \text{ MPa } \sigma_{DO} = 125 \text{ MPa}^{14}$$

$$\sqrt{\sigma_{DO}^2 + 3 \cdot \tau_{DS}^2} \leq \sigma_{RED}$$

$$\sqrt{\sigma_{DO}^2 + 3 \cdot \tau_{DS}^2} \leq \frac{R_c}{k}$$

$$\sqrt{125^2 + 3 \cdot 65^2} \leq \frac{340}{2}$$

$$168,23 \text{ MPa} \leq 170 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Kontrola čepu na otláčení:

Síla spojovacích součástí $t = 2 \times 35 \text{ mm} = 70 \text{ mm}$

Dovolené otláčení $p_D = 110 \text{ MPa}$

$$p = \frac{F}{S_c} \leq p_D$$

$$p = \frac{F_R}{d_c \cdot t} \leq p_D$$

$$p = \frac{220\,860}{55 \cdot 70}$$

$$p = 57,36 \text{ MPa}$$

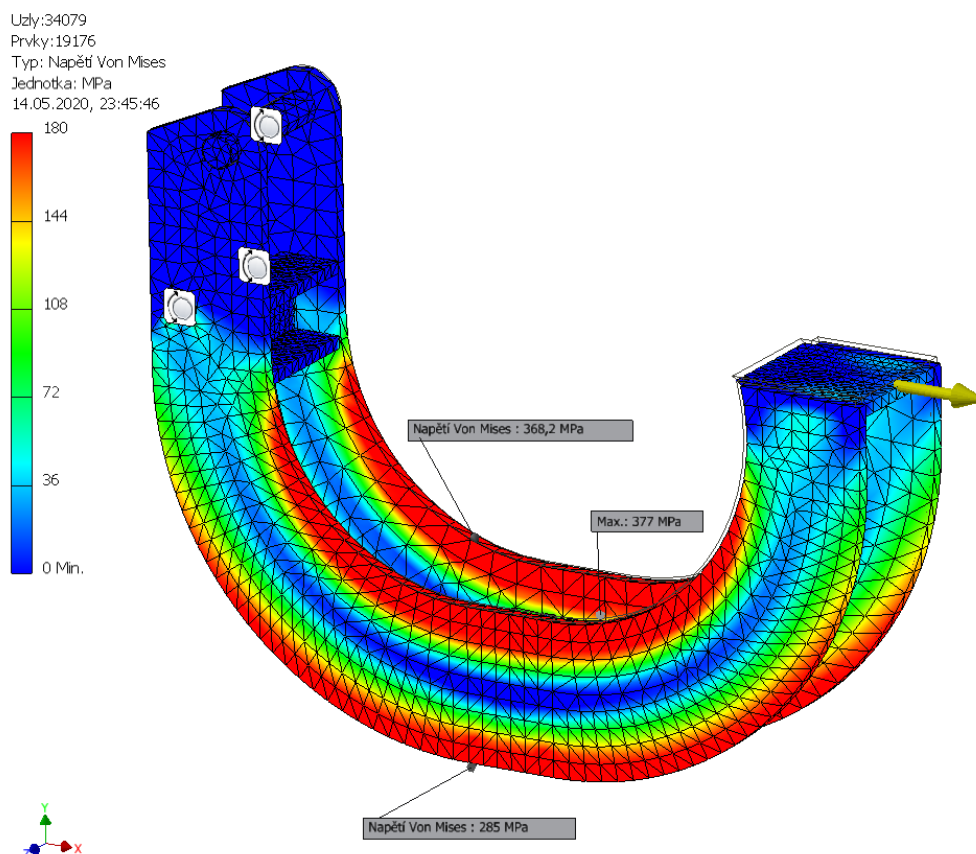
$$57,36 \text{ MPa} \leq 110 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

3.3.4 Opěrná plocha

Opěrná plocha, proti které vniká štípací klín do kmene, je namáhána plnou silou přímočarého hydromotoru tím pádem se má snahu rozevírat, a proto musí být dostatečně dimenzována. Opěrná plocha ve tvaru “U” je tvořena svařencem z ocelových výpalku nízkolegované konstrukční oceli 11 523 a umožňuje vložení kmenu o maximálním průměru 825 mm. Pro dostatečné dimenzování tuhosti konstrukce byla použita simulace pevnostní analýzy.

První návrh konstrukce

Návrh konstrukce svařence z ocelových výpalků tloušťky 20 mm probíhal v prostředí programu Autodesk Inventor. Byly nakresleny jednotlivé části konstrukce, které se následně vložily do sestavy. Celá sestava byla testována pevnostní analýzou na napětí Von Mises a součinitel bezpečnosti. Byla vložena pevná vazba odpovídající upevnění svařence a zároveň byla použita síla odpovídající síle a směru působení štípacího klínu.



Obr.3.8 Pevnostní analýzy opěrné plochy

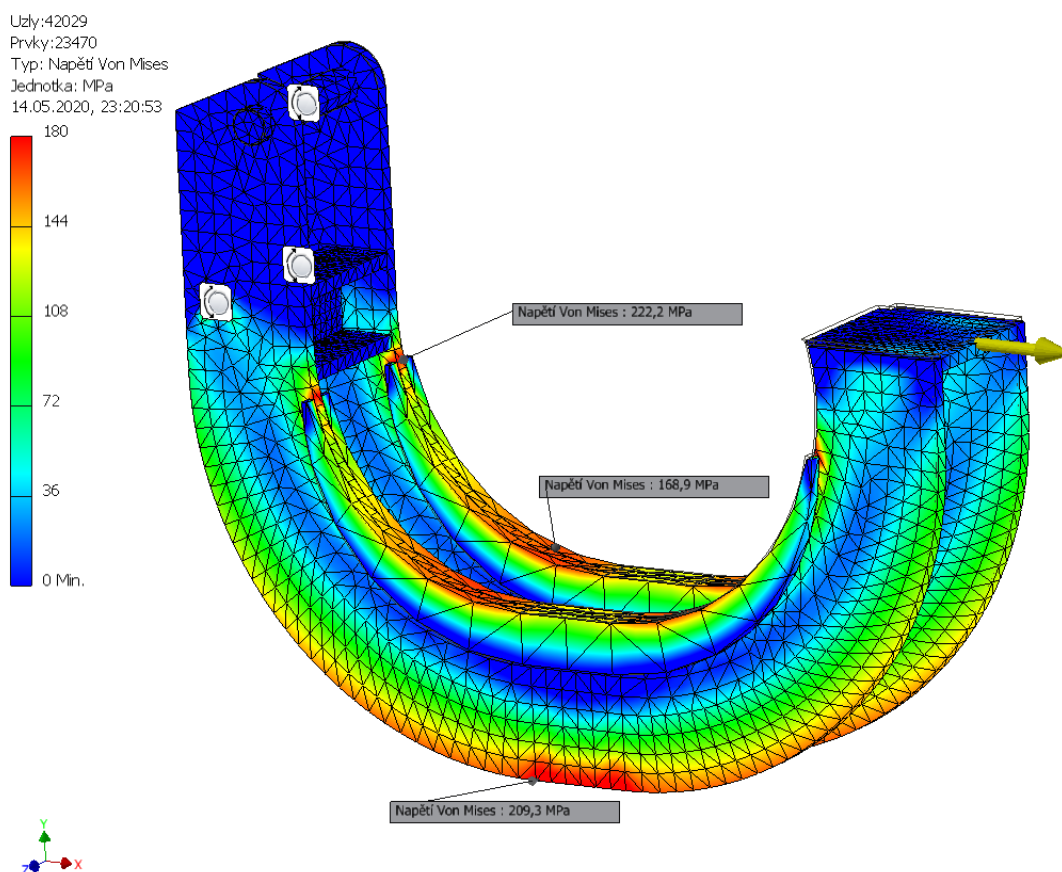
Ze simulace bylo zjištěno, že napětí Von Mises dosahuje hodnot až 392 MPa a posunutí 11,5 mm. Pro ocel 11 523 je dovolené smykové napětí maximálně 355 MPa, tím pádem zvolená konstrukce nevyhovuje z důvodu nesplnění podmínky $392 \text{ MPa} < 355 \text{ MPa}$.

Tabulka 3.3 – parametry 11 523 ¹⁸

Značka	Číselné označení	Minimální mez kluzu [MPa]	Pevnost v tahu [MPa]	Tažnost [%]
11 523	1.0576	355	470-630	20

Druhý návrh konstrukce

Jelikož první návrh konstrukce dosahoval příliš vysokých hodnot napětí a deformace, byl zcela nevyhovující. Druhý návrh konstrukce byl proto již při návrhu konstrukce svařence doplněn o výtuhu, které by měly tento problém vyřešit.



Obr.3.9 Pevnostní analýza vyztužené opěrné plochy

Ze simulace bylo zjištěno, že vyztužením se snížilo maximální napětí Von Mises na hodnotu přibližně 230 MPa a posunutí se snížilo na 7,6 mm. Tato konstrukce je vyhovující jelikož je splněna podmínka $230 \text{ MPa} < 355 \text{ MPa}$.

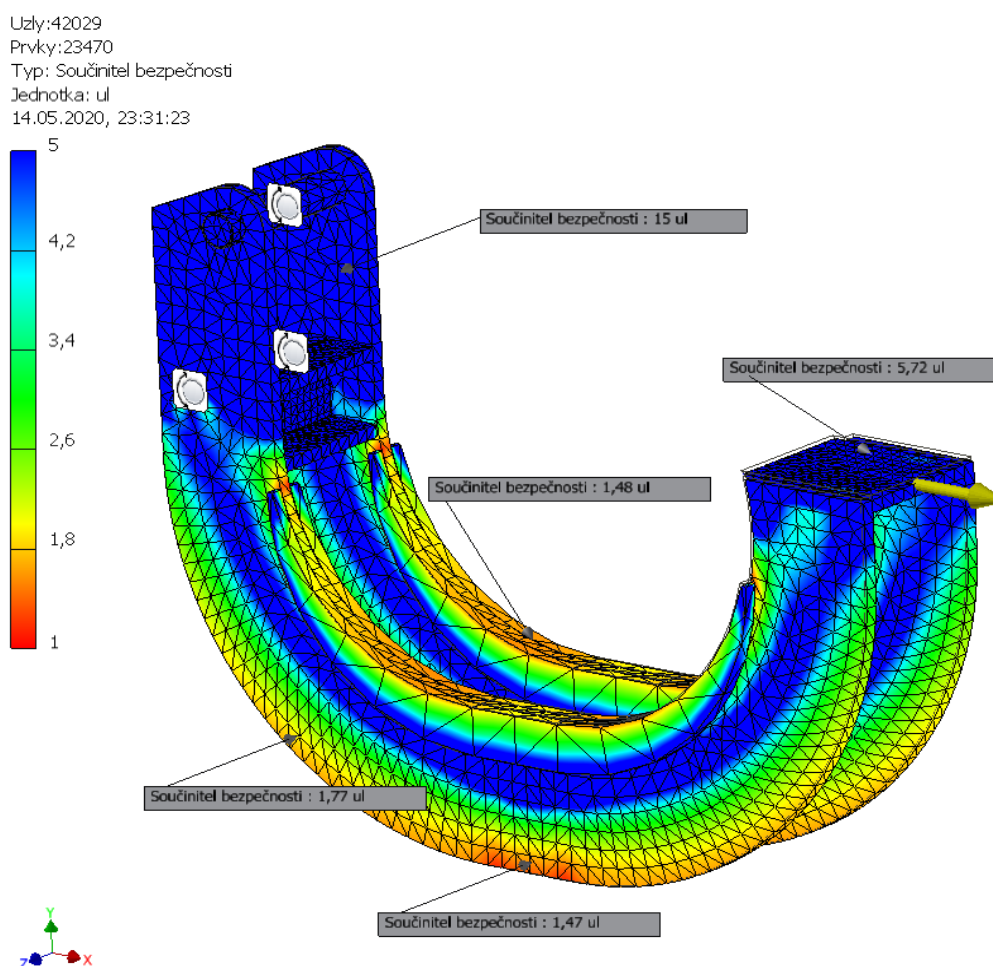
Koeficient bezpečnosti

Vysoký koeficient bezpečnosti vede k bezpečnějšímu návrhu za cenu vyšší hmotnosti a tím i vyšší ceny a naopak. Pro zvolení vhodného koeficientu musíme přesně znát parametry, jak materiálu tak i namáhání. Koeficient bezpečnosti byl zvolen podle Josepha P. Visodice, který je založen na mezi kluzu materiálu a způsobu zatížení. ¹⁹

Tabulka 3.4 – Koeficient bezpečnosti¹⁹

Koeficient bezpečnosti	Znalost zatížení	Znalost dovoleného napětí	Znalost vlastností materiálu	Znalost prostředí
1.2-1.5	přesná	přesná	velmi dobrá	pod kontrolou
1.5-2.0	dobrá	dobrá	velmi dobrá	neměnná
2.0-2.5	dobrá	dobrá	průměrná	běžná
2.5-3.0	průměrná	průměrná	testovaná	běžná
3.0-4.0	průměrná	průměrná	nezkoušená	běžná
3.0-4.0	neurčitá	neurčitá		neurčitá

Pro danou situaci, kde známe přesné zatížení, přesné dovolené napětí v materiálu, velmi dobré znalosti vlastností materiálů a znalost prostředí pod kontrolou byl, zvolen podle tabulky koeficient bezpečnosti 1,4.



Obr.3.10 Koeficient bezpečnosti vyztužené opěrné plochy

Podle simulace bylo zjištěno, že minimální koeficient bezpečnosti navrhnuté konstrukce svařence dosahuje nejnižší hodnoty 1,47. Při štípání kmenu však dochází jen ojediněle k využití maximální možné síly, tím pádem maximálního možného napětí.

3.4 Výroba

Celé zařízení bylo podle počítačového návrhu v programu Autodesk Inventor 2019 vyrobeno. Na jednotlivé součásti byly objednány polotovary s vhodným přídavkem. Jednotlivé díly byly vyrobeny podle výkresové dokumentace.

3.4.1 Soustružení

Soustružení je metoda která slouží především k výrobě součástí rotačních tvarů. Používají se většinou jednobřité nástroje a při výrobě vzniká třískový odpad. Soustružením lze obrábět vnitřní a vnější válcové, kuželové i tvarové plochy a dále. Hlavní pohyb při soustružení koná obrobek, který je upnut do sklíčidla. Vedlejší pohyb koná nástroj, který může být monolitický a nebo složený z více částí. Nástroje jsou vyráběny z různých materiálů jako jsou slinuté karbidy, rychlořezné oceli, řezná keramika, cermety, nitrid boru nebo polykrystalický diamant.²⁷

Velikost polotovaru

Pro výrobu čepu o průměru 55 mm a délky 295 mm byl pomocí vzorců zvolen polotovar o rozměrech 60 x 300 mm. Přídavek na délku je stanoven na 5 mm (2,5 mm na každé straně z důvodu zarovnání čel). Přídavek na průměr se stanovil pomocí vzorce.

Vypočet přídavku na průměr:

$$p_o = 0,05 \cdot d_{\max} + 2 \text{ [mm]}$$

$$p_o = 0,05 \cdot 55 + 2$$

$$p_o = 4,75 \text{ mm}$$

Přídavek na průměru má hodnotu 4,75 mm a pro čep je tedy potřeba polotovar o průměru 59,75 mm. Nejbližší větší normovaný průměr kruhové tyče je 60 mm.¹⁵

Volba stroje

Byl zvolen hrotový soustruh TOS SUI 50, který je přesný, výkonný stroj vhodný pro obrábění všech materiálů užívaný především pro maloseriovou a kusovou výrobu. Disponuje točným průměrem nad ložem 500 mm, nad suportem 320mm a délkou soustružení 1500 mm.

Volba nástroje

Použitá VBD i držák byly vybrány z nabídky firmy Sandvik Coromat v katalogu CoroKey 2010. Byla zvolena VBD povlakovaná s označením CNMG 16 06 08-WMX 4305. K VBD byl vybrán vhodný držák s označením PCLNL 2525M 16HP.²⁸

Tabulka 3.5 - Parametry VBD²⁸

	Značení	Hodnota	Jednotka
Max. řezná rychlost	v_c	590	$[\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$
Posuv	f_n	0,15-0,7	$[\text{mm}]$
Hloubka řezu	a_p	0,5-5	$[\text{mm}]$

Výpočet řezných parametrů¹⁵

Otáčky vřetene:

$$n = 500 \text{ ot. min}^{-1}$$

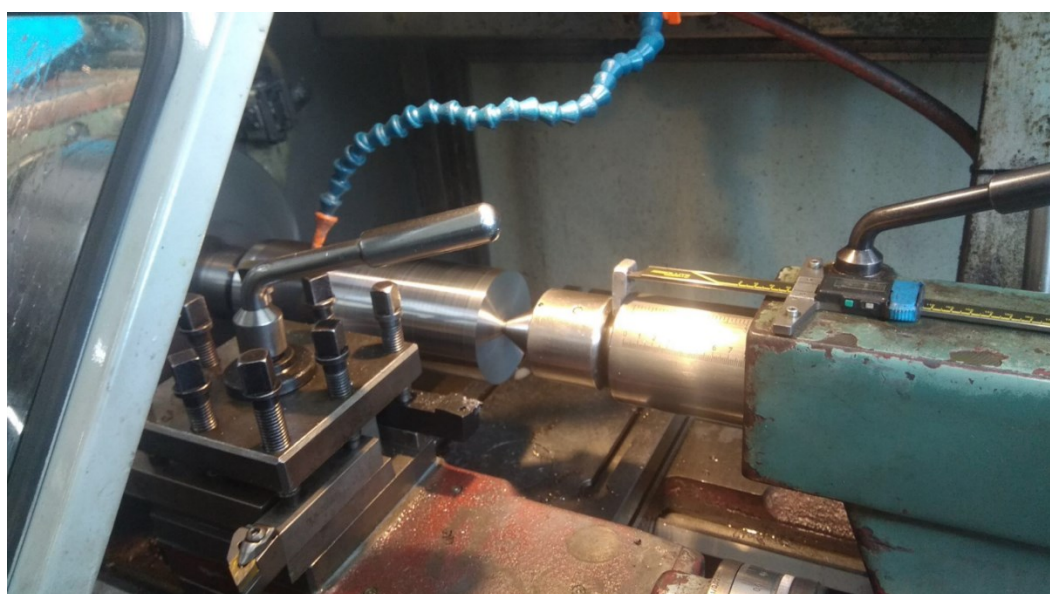
Řezná rychlost

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$$

$$v_c = \frac{\pi \cdot 60 \cdot 500}{1000} 94,25 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

Hodnota posuvu:

$$f = 0,2 \text{ mm}$$

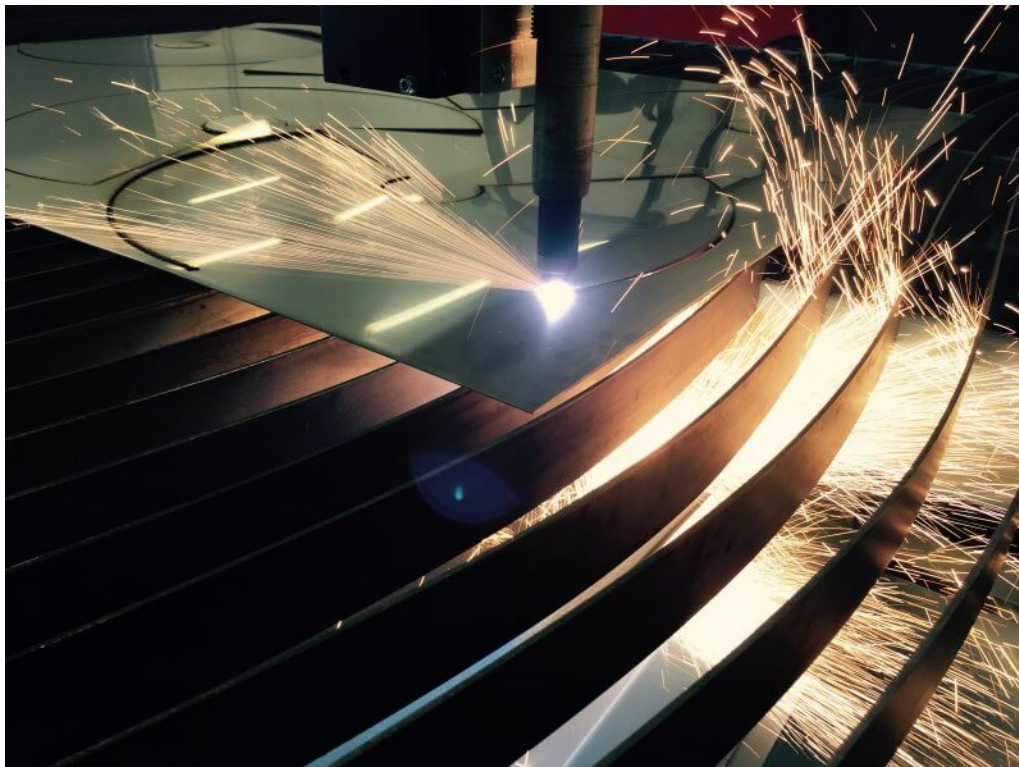


Obr.3.11 Soustružení čepu

3.4.2 Tepelné dělení

Tvarově složité součásti byly děleny pomocí CNC řezání plazmovým obloukem, který dokáže řezat ocelové a nerezové plechy a plechy z barevných kovů o tloušťce 3 - 50 mm v závislosti na použitém zařízení. Výhoda oproti kyslíko-acetylenové metodě je dosažení větší přesnosti i vyšší rychlosti řezu u tenkých a středně tlustých plechů. Další z výhod je, že při řezání plazmou dochází k menší tepelně ovlivněné oblasti a tím i k menší deformaci plechu.

Při dělení materiálu tenkým plazmovým paprskem se využívá tepelných a dynamických účinků plazmy. Řezný paprsek vzniká pomocí elektrické energie a plazmového plynu mezi neodtavující se katodou a děleným materiálem. Katoda umístěná v hořáku je vyrobena z wolframu. Dělený materiál je připojen na kladný pól a vytváří tak anodu. Paprsek s vysokou hustotou energie, který vystupuje z hořáku dopadá na obrobek a důsledkem působení se obráběný materiál taví, sublimuje a rozstříkává. Dynamickým účinkem vyletujícího plazmového plynu je roztavený materiál vyfukován z řezné spáry ve formě tekutého kovu. Plazmový paprsek je stabilizován a chráněn pomocí ochranného plynu nebo vody.²²



Obr.3.12 Pálení Hypertherm powermax 105²⁹

Pálení součástí

Pro tepelné dělení byl použit plazmový systém pro řezání a drážkování kovu Hypertherm powermax 105 a CNC router řízený programem MACH 3. Plazmový systém umožňuje řezání nelegované oceli až do tloušťky 32 mm při řezné rychlosti $500 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Jako zdroj plynu je použit čistý, suchý vzduch bez přítomnosti oleje nebo dusíku. Doporučené průtočné množství plynu při řezání je $217 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ při tlaku 5,9 bar a při drážkování $227 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ při tlaku 4,8 bar. Geometrie pálené součásti byla nakreslena pomocí programu Autodesk Inventor 2019 a vyexportována ve formátu DXF, který podporuje řídicí systém MACH 3. ^{25 29}

Tabulka 3.6 - maximálních řezných rychlostí

Materiál	Proud (A)	Tloušťka (mm)	Max. řezná rychlost ($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$)
Nelegovaná (uhlíková) ocel	45	3	6150
	105	6	6360
	105	12	2580
	105	20	1180
	105	25	780
	105	32	500
Nerezová ocel	105	6	7500
	105	12	2330
	105	20	990
	105	25	660
Hliník	105	6	8330
	105	12	3070
	105	20	1470
	105	25	970

3.4.3 Frézování

Frézování je metoda obrábění, při které je z obrobku odebírán materiál rotujícím vícebřitým nástrojem. Posuv při frézování je přímočarý, většinou kolmý k ose nástroje a koná ho obrobek. U okružního a planetového frézování může být posuvný i rotační pohyb a konat jej může obrobek i nástroj. U moderních obráběcích center a víceosých CNC frézek se posuvové pohyby mohou plynule měnit ve všech směrech. Řezný proces je přerušovaný, protože každý zub frézy ubírá krátké třísky.³⁰

Výpočet řezných podmínek

U frézování je možné nastavit otáčky vřetene a rychlost posuvu stolu. Další hodnoty je potřeba dopočítat.

Výpočet řezné rychlosti:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D_f \cdot n}{1000} [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$$

Výpočet rychlosti posuvu:

$$v_f = n \cdot z \cdot f_z [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$$

Výpočet posuvu na jeden zub

$$f_z = \frac{v_f}{z \cdot n} [\text{mm}]$$

Výpočet posuvu na jednu otáčku:

$$f_o = f_z \cdot z [\text{mm}]$$

Součásti s děrovými otvory s požadavky na vysokou přesnost byly obráběny pomocí tříosého vertikálního obráběcího centra Quaser MV 214P, které disponuje stolem o rozměrech 1700 x 700 mm a maximálními otáčky vřetene 12 000 min⁻¹. Maximální možná váha obrobku je 2000 Kg. Pro frézování byla použita čtyřbřitá monolitní tvrdokovová fréza o průměru 12 mm.



Obr.3.13 Obráběcí centrum MV 214P²⁹

3.4.4 Svařování

Svařování je proces při který slouží k vytvoření pevného spoje dvou a více součástí. Při svařování dochází k natavení styčných ploch obou materiálu, popřípadě i přídavného materiálu a následné ztuhnutí přičemž dojde k vytvoření nerozebíratelného spoje.

Svařování jednotlivých dílu štípače proběhlo pomocí elektrického oblouku. Pro přístupné svary byla zvolena metoda MAG. Jedná se o poloautomatické svařování v ochranné atmosféře aktivního plynu. Pro hůře přístupné svary byla zvolena metoda MMA.

Svařování metodou MMA

Jedná se o metodu obloukového svařování obalenou elektrodou, která pracuje na principu hoření oblouku mezi základním materiálem a obalenou elektrodou. Obalená elektroda obsahuje přídavný materiál tzv. jádro a obalový materiál, který slouží k zajištění ochranné atmosféry.

Výhody:

- Zařízení pro MMA je relativně jednoduché a mobilní.
- Ochrannou atmosféru při svařování vytváří obal elektrody.
- Proces není náchylný na čistotu materiálu.

Nevýhody:

- Při svařování vzniká struska, která se musí odstranit z povrchu.
- Nízká produktivita daná omezenou délkou elektrod.
- Vysoké vnesené teplo.

Při svařování metodou MMA byla použita bazická elektroda od firmy Esab s označením EB-123 určená pro svařování nelegované oceli s mezí pevnosti 500 MPa.



Obr.3.14 Svařovací elektroda.

Svařování metodou MAG

Jedná se o obloukové svařování, kde se elektroda taví pod ochranou atmosferou plynu, který je veden k místu tavení elektrody pomocí hořáku. Ochranný plyn se aktivně podílí na tvorbě elektrického oblouku a chrání ho i tavnou lázeň před vniknutím kyslíku. Tavná elektroda je plný drát, potažený slabou vrstvou mědi navinutý na cívce. Drát je z cívky odvíjen pomocí podavače, který ovládá svářeč na hořáku. Drát je podáván ke kontaktní trysce, která jej směřuje do svařové lázně chráněné aktivním plynem.

Výhody:

- Viditelnost svařové lázně a elektrického oblouku.
- Možnost automatizace, robotizace, mechanizace.
- Vysoká produktivita a nízké náklady.
- Malá teplem ovlivněná oblast.
- Nepřerušovaný svařovací proces.

Nevýhody:

- Vyšší pořizovací náklady oproti MMA.
- Při svařovacích proudech nad 200 A nutnost chlazení hořáku.
- Nutnost tlakové láhve s aktivním plynem.
- Vyšší požadavky na údržbu.

Při svařování metodou MAG byl použit poměděný svařovací drát od firmy Esab s názvem Autrod 12.51, který je určen pro svařování nelegované konstrukční oceli s pevností do 530 MPa.



Obr.3.15 Svařování uložení čepu

3.5 Montáž

Jednotlivé části štípače se smontovaly do celku podle určitého sledu operací, které na sebe systematicky navazují. Kyvné části byly spojeny pomocí čepů. Celé zařízení se následně mechanicky připojilo na vyvážecí návěs. Provedla se úprava stávajícího hydraulického rozvodu vyvážecího návěsu pro použití se štípačem.

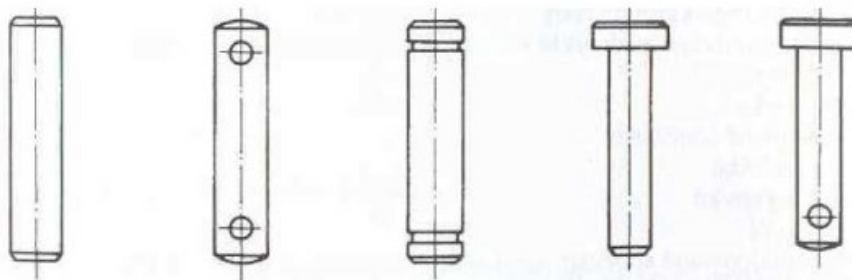
Strojní díl čep často spojuje dvě a více strojních součástí a vzájemně jim umožňuje otáčivý pohyb. Používá se k rozebíratelnému kloubovému spojení více částí, nebo ke výkyvnému uložení součástí jako jsou páky, kliky, obehná kola apod. ²

Rozlišujeme dva základní typy namáhání čepů: ²

- Radialní – zatížení kolmo na osu čepu.
- Axialní – zatížení ve směru osy čepu.

Čepy válcové rozdělujeme podle tvaru na:

- Čep hladký – ČSN 02 2101, ČSN 02 2102
- Čep s otvory pro závlačky – ČSN 02 2106 až ČSN02 2108
- Čep s drážkami – ČSN 02 2105
- Čep s hlavou – ČSN 02 2109
- Čep s hlavou a otvorem pro závlačku – ČSN 02 2111 ²



Obr.3.16 Možnosti čepů pro montáž ²

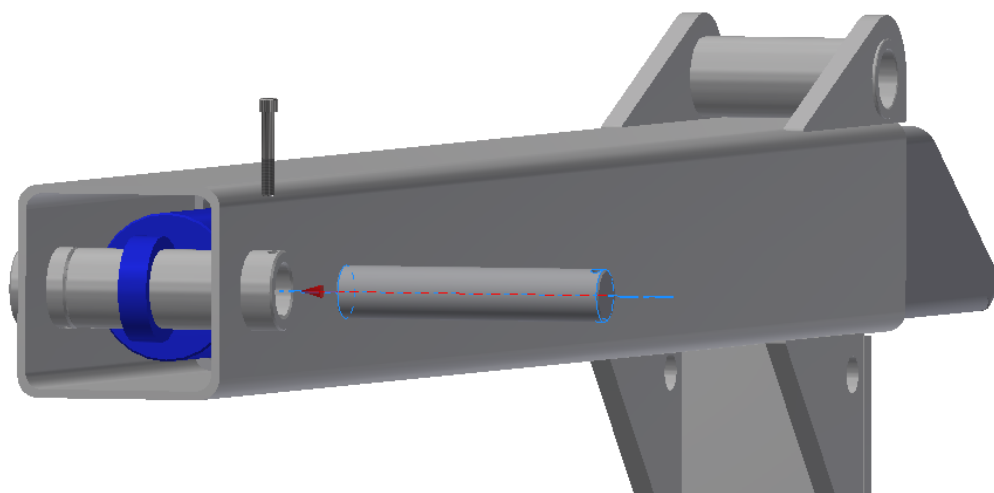
3.5.1 Postup skládání štípače

Při skládání se prvně připevnilo hydraulické potrubí o vnitřním průměru DN12 na přímočarý hydromotor pomocí šroubení o závitu M22 x 1,5 a stranového kliče velikosti 27. Takto připravený přímočarý hydromotor byl vložen do štípacího klínu pístní tyčí vpřed a při dosáhnutí souososti děr klínu s okem hydromotoru byl vložen čep. Při vkladání čepu bylo použito plastické mazivo pro snadnější vsunutí čepu. Čep byl zajištěn radialně pomocí stavěcího šroubu M12.



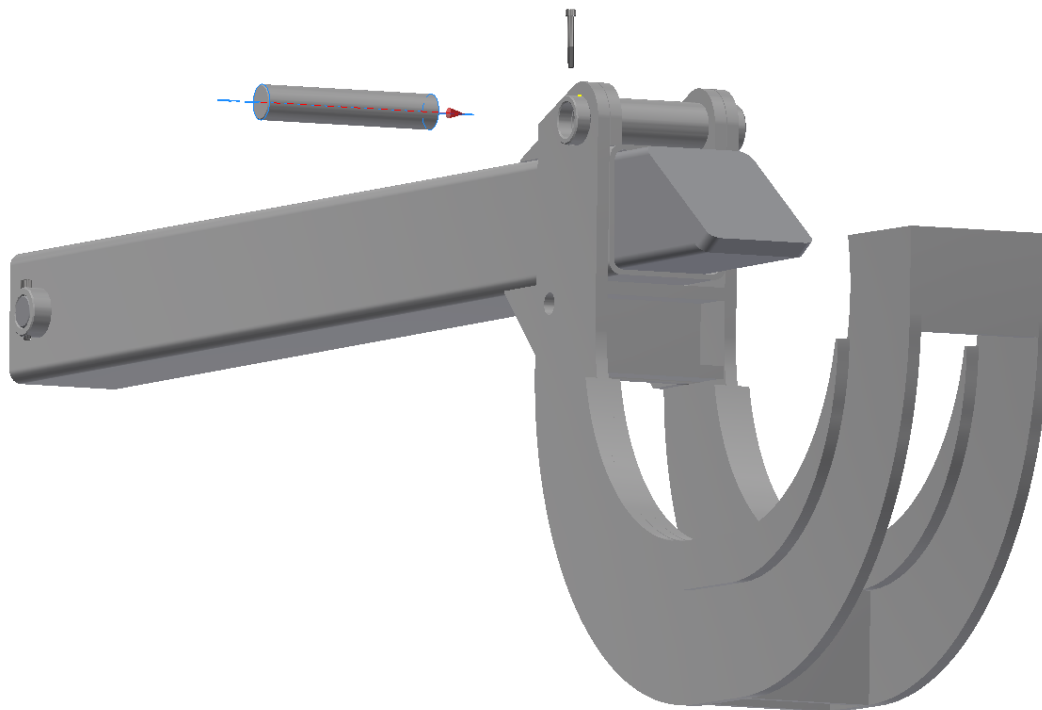
Obr.3.17 Vložení čepu klínu.

Další úkon při skládání byl vložení štípacího klínu do přímočarého vedení, které je zároveň tělo štípače. Při vkladání štípacího klínu byla kluzná část namazána pomocí silikonového oleje pro nižší tření. Po dosáhnutí souososti děr vedení s okem hydromotoru byl vložen čep. Pro snadnější vsunutí čepu bylo použito plastické mazivo. Čep byl zajištěn pomocí šroubu M 10 x 90 s pojistnou maticí.



Obr.3.18 Vložení čepu přímočarého motoru

Montáž opěrné plochy probíhal podobným způsobem. Tělo štípače bylo položeno na montážní stůl a pomocí vysoko-zvižného vozíku byly díry opěrné plochy umístěny do osové souměrnosti s dírou těla štípače. Po dosažení souměrnosti byl vložen čep namazaný plastickým mazivem. Čep byl zajištěn pomocí šroubu M10 x 90 s pojistnou maticí.



Obr.3.19 Vložení čepu opěrné plochy

3.5.2 Připojení na nosič

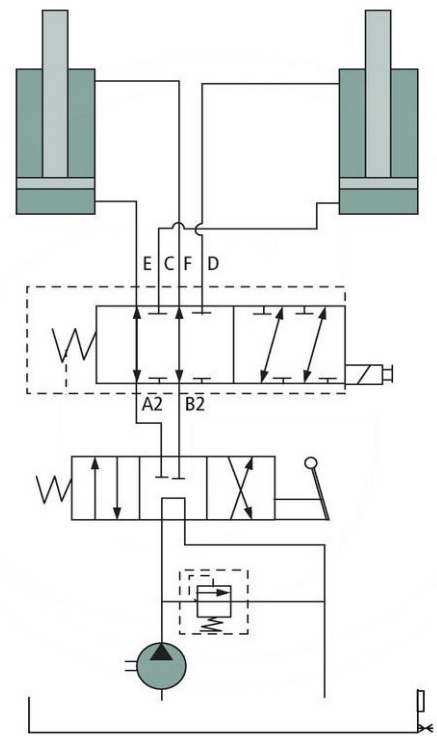
Připojení na vyvážecí vlek je provedeno jako výměnné. Po odstranění páru klanic se uvolní otvory, do kterých je pomocí hydraulické ruky vložen štípač. Na tělo štípače jsou upěvněny posuvné držáky, které umožňují změnu rozteče pro snadné připojení i na jiné nosiče. Tento způsob připojení umožňuje rychlé a snadné připojení na nosič bez náradí.



Obr.3.20 Instalace na vyvážecí návěs

3.5.3 Hydraulické zapojení

Na stávající hydraulický obvod tvořený hydraulickým čerpadlem s průtokem 50 l min^{-1} , olejovou nádrží s kapacitou 40 l a hydraulickým rozvadečem s osmi dvoučinnými sekcemi o maximálním průtoku 60 l min^{-1} bylo potřeba instalovat další sekci. Jelikož hydraulický rozvadeč nedisponuje tlakově zatížitelným výstupem HPCO nebyla možnost připojit další hydraulický rozvadeč. Byla zvolena možnost rozdělení právě nepoužívané sekce pomocí elektricky ovládaného 6/2 ventilu. Tento ventil přepojuje tok hydraulického oleje na místo opěrné nohy, která se právě nepoužívá do štípače. Celý proces přepojení je velmi rychlý.



Obr.3.21 Schéma hydraulického zapojení ²⁶

Pro snadné připojení hydraulického potrubí byly použity hydraulické rychlospojky ISO 7241-1 A o velikosti DPN 13. Rychlospojka slouží pro rychlé spojení a rozpojení hydraulického vedení pro aplikace v vysokotlakém oleji. Pracovní tlak rychlospojky je až 35 MPa. ²³



Obr.3.22 Rychlospojky s 6/2 ventilem

3.5.4 Údržba zařízení

Preventivní údržba je údržba, která se provádí průběžně, ještě před výskytem poruchy zařízení. Je to tedy prevence před možnou poruchou zařízení. Účelem preventivní údržby je předcházení selhání a udržování předmětu údržby v dobrém stavu. V zásadě jde o pravidelné kontroly a opravy. Základní činnosti preventivní údržby jsou:

- Prohlídky a kontroly
- Seřizování
- Mazání
- Čištění
- Opravy
- Výměna provozních tekutin

Preventivní údržba zařízení je dopředu plánovaná a v praxi je prováděna podle předem stanového časového intervalu údržby. Pro správné určení časového intervalu je potřeba znát poruchovost jednotlivých částí stroje. Harmonogram údržby je navržen tak aby zařízení bylo vždy v bezvadné stavu. Pokud je časový interval údržby příliš dlouhý dochází k většímu riziku možné poruchy.²⁴

Plán preventivní údržby štípače je rozdělen na dva časové intervaly.

Malá údržba:

Opakování každých 5 hodin používání štípače.

Mazání posuvné části štípače pomocí silikonového oleje.

Kontrola zajištění čepů a těsnosti hydraulického systému.

Velká údržba:

Opakování každých 20 hodin používání štípače.

Kontrola ostroty bříty.

Mazání všech čepů pomocí plastického maziva.

4. Technicko – ekonomické zhodnocení

V této kapitole je řešeno technicko-ekonomické zhodnocení nové technologie zpracování přesílených kmenů. Jsou spočítány jednotlivé výrobní náklady štípače a je odhadnuta přibližná doba návratnosti investice.

4.1 Náklady na výrobu štípače

Potřebný hutní materiál v metráži byl objednán z firmy Ferona podle aktuálních cen ke dni 16.1.2020 .¹⁶

Tabulka 4.1 - ceny materiálu v metráži

Typ	Délka (m)	Hmotnost (Kg)	Cena bez DPH
Profil dutý svařovaný černý se čtvercovým průřezem, EN 10219, rozměr 200x8, 11 5232	2	90,22	2 585,02 Kč
Profil dutý svařovaný černý se čtvercovým průřezem, EN 10219, rozměr 180x8, 11 523	1,8	72,47	2 145,20 Kč
Tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, EN 10060, průměr 60, 11 600	0,3	6,66	163,50 Kč
Tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, EN 10060, průměr 55, 11 600	0,5	9,35	230,38 Kč
Tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, EN 10060, průměr 40, 11 600	0,3	2,96	72,89 Kč
Trubka bezešvá konstrukční, EN 10210, průměr 76,1x14,2, 11 523	0,8	17,34	831,02 Kč
Široká ocel válcovaná za tepla, DIN 59200, rozměr 200x20, 11 373	1	31,4	690,17 Kč
		230,4	6 718,18 Kč

Náklady na ocelové výpalky

Ocelové výpalky byly vyráběny u firmy NHKZ Steel. Cena výpalků se odvíjí od tloušťky páleného materiálu, obvodu výpalku, hmotnosti a složitosti tvaru. Jelikož při pálení výpalku ve tvaru "U" vzniká mnoho odpadového materiálu, který se již dále nedá využít, proto byl odpadní materiál připočítán do ceny výpalku. Celková cena za kilogram ocelového výpalku činí 63,80 Kč/kg bez DPH.

Tabulka 4.2 - ceny ocelových výpalku

Typ součásti	Počet kusů	Hmotnost (kg)	Cena za kus bez DPH	Cena celkem bez DPH
U850	2	145,0	4624,45 Kč	9 248,89 Kč
U850 výztuha	4	39,8	634,51 Kč	2 538,03 Kč
Úchyt-jekl	2	4,4	141,605 Kč	283,21 Kč
Opěrný plech	2	7,2	230,13 Kč	460,25 Kč
		196,4		12 530,38 Kč

Náklady na obrábění

Obrábění bylo provedeno ve firmě NHKZ Steel. Náklady na obrábění byly určeny podle hodinových sazeb firmy.

Tabulka 4.3 - náklady na obrábění

Pracoviště	Hodinová sazba	Počet hodin	Celková cena
Obráběcí centrum Quaser MV 214P	700,00 Kč	1,5	1 050,00 Kč
Soustruh hrotový	350,00 Kč	8	2 800,00 Kč
Pásová pila	200,00 Kč	0,5	100,00 Kč
Svařovna	350,00 Kč	8	2 800,00 Kč
		18	6 750,00 Kč

Náklady na hydraulický systém

Hydraulické komponenty na stavbu štípače byly zakoupeny u firmy Hydrolider a jednotlivé ceny kde dni 15.2.2020 jsou uvedeny v tabulce.²⁶

Tabulka 4.4 - náklady hydraulický systém

Název	Množství	Cena bez DPH za kus	Cena bez DPH celkem
Hydraulický ventil pro třetí funkci 12V 50L	1	1 595,04 Kč	1595,04
Hydraulický válec dvoučinný 125/63/1000 mm U50	1	11 182,59 Kč	11 182,59 Kč
Hydraulická rychlospojka M22x1.5 +zástrčka 22x1.5	2	210,74 Kč	421,48 Kč
Hydraulická hadice DN12 M22x1.5 2SN DKOL90 KM	2	289,26 Kč	578,52 Kč
Hydraulická přípojka rovná 1/2"- M22x1.5 BB	6	24,79 Kč	148,74 Kč
			13 926,37 Kč

Náklady na celkovou výrobu zařízení*Tabulka 4.5 - celkové náklady*

Název	Cena bez DPH
Profily, trubky, tažená ocel	6 718,18 Kč
Ocelové výpalky	12 530,38 Kč
Obrábění	6 750,00 Kč
Hydraulický systém	13 926,37 Kč
	39 924,93 Kč

Náklady na výrobu štípače dlouhých přesílených kmenu byly **39 924,93 Kč bez DPH**

4.2 Návratnost investice

Při zpracování dřevní hmoty se náklady na zpracování 1m^3 liší podle hmotnosti a tvaru zpracovávaných kmenů. Uvedené ceny jsou průměrné aktuální k 1.5.2020 a jsou získány z vlastních zkušeností, a proto se můžou lišit.

Když použijeme starou technologii zpracování přesílených kmenu o průměru 0,4 m a více, pro výrobu štěpin o požadované délce činí náklady na zpracování 1 m^3 přibližně 400 Kč.

Při použití technologie zpracování kmenů do průměru 0,4 m pomocí štípacího poloautomatu činí náklady na zpracování 1 m^3 dřevní hmoty přibližně 200 Kč

Jelikož nová technologie zpracování není zatím ověřená, jsou náklady na použití nové technologie zpracování kmenů nad průměr 0,4m odhadovány na 230 Kč na 1 m^3 dřevní hmoty.

Při ročním zpracování 300 m^3 dřevní hmoty, ze které je přibližně 20% silnějšího průměru než je 0,4 m bude pomocí nového způsobu zpracováno přibližně 60 m^3 dřevní hmoty.

Celkové náklady při použití staré technologie:

$$60 \cdot 400 = 24\,000\text{ Kč}$$

Odhadované náklady při použití nové technologie:

$$60 \cdot 230 = 13\,800\text{ Kč}$$

Rozdíl nákladů:

$$24\,000 - 13\,800 = 10\,200\text{ Kč}$$

Roční úspora nákladu na zpracování přesílené dřevní hmoty je odhadována na 10 200 Kč. Návratnost investice při roční úspoře 10 200 Kč a ceny zařízení 39 924,93 Kč je přibližně 3 roky a 11 měsíců. Při neustálém zvyšování objemu zpracovaného objemu dřevní hmoty se dá předpokládat, že doba návratnosti se zkrátí.

5. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zvýšení efektivity a snížení nákladů při zpracování přesílených kmenů dřevní hmoty. V první části proběhlo seznámení s procesem štípání a byla definována štípatelnost dřeva. Dále byla popsána konstrukce štípacího stroje a její funkce.

Další bod byl zaměřen na popis stávající technologie výroby, která byla rozdělena na dvě části. V první části byl popsán způsob zpracování kmenů do průměru 0,4 metru pomocí štípacího poloautomatu. Druhá část je zaměřena na zpracování kmenů nad průměr 0,4 metru pomocí motorové pily a vertikálního hydraulického štípače.

Třetí část se věnuje na návrhu a realizaci nové technologie zpracování dřevní hmoty. Byly rozebrány možné řešení uchycení zařízení pro štípání a jejich princip štípání. Dále byla navrhována konstrukce s požadovanými parametry. Při návrhu konstrukce byly spočítány parametry přímočarého hydromotoru a byla provedena pevnostní analýza opěrné části v programu Autodesk Inventor 2019. Následovala výroba jednotlivých dílů zařízení, u kterých byly popsány jednotlivé použité stroje a nástroje. Následně proběhla montáž zařízení, kde se složily jednotlivé díly štípače a štípač byl umístěn na vyvážecí návěs. Dále bylo provedeno hydraulické připojení a byl stanoven plán údržby.

V poslední části bylo vypracováno technicko-ekonomické zhodnocení, které bylo zaměřeno na náklady na výrobu štípače a návratnost investice. Cíl bakalářské práce byl splněn, jelikož rychlost a efektivita při zpracování dřevní hmoty byly zvýšeny.

Seznam citací

1. PERNIKÁŘ, J.; TYKAL, M.; VAČKÁŘ, J. *Jakost a metrologie, Část metrologie*. Brno : VUT v Brně, 2004. 151 s. ISBN 80–214–1997–0.
2. PETRŮ, J.; ČEP, R. *Základy montáže*. Ostrava : Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2012. s. 123. ISBN 978-80-248-2773-5.
3. GANDELOVÁ, Libuše, Petr HORÁČEK a Jarmila ŠLEZINGEROVÁ. *Nauka o dřevě*. Vyd. 3., nezměn. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2009. ISBN 9788073753122.
4. RCA 400 JOY štípací poloautomat. *Agama a.s. / Lesní technika: vyvážedky, navijáky, nástavy na traktor, štěpkovače* [online]. Copyright © 2020 [cit. 05.04.2020]. Dostupné z: <https://www.agama-as.cz/rca-400-joy-stipaci-poloautomat>
5. [online]. Copyright © 2020 eStranky.cz [cit. 05.04.2020]. Dostupné z: <https://zetor7211.estranky.cz/clanky/technicke-udaje.html>
6. *Vlkproject-lesnické nástavby* [online]. [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <http://www.vlkproject.cz/produkty/ma6018.htm>
7. *Prodej a servis STIHL* [online]. Copyright © [cit. 12.04.2020]. Dostupné z: <https://www.gardenia.cz/files/stroje/motorove-pily/silne-ms-pro-lesnictvi/pdf/popis-ms-461.pdf>
8. Woodster LF 100 M | MALL.CZ. *MALL.CZ* [online]. Copyright © 2000 [cit. 12.04.2020]. Dostupné z: <https://www.mall.cz/stipace-drivi/woodster-lf-100-m>
9. Štípací klín – Wikipedie. [online]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Štípací_klín
10. Dlugpol. *Dlugpol* [online]. Copyright © 2014 All right reserved. [cit. 20.04.2020]. Dostupné z: <http://dlugpol.pl/zrywka.html>
11. Rerosa Přímočarý hydromotor HM1.2 dvojčinný. Rerosa - prodej a servis hydraulických válců [online]. Copyright © 2020 [cit. 27.04.2020]. Dostupné z: <https://www.rerosa.cz/hm12dvojcinny>
12. Rerosa - Chromované tyče. Rerosa - prodej a servis hydraulických válců [online]. Copyright © 2020 [cit. 27.04.2020]. Dostupné z: <https://www.rerosa.cz/tyce>
13. ČSN 41 2050. Ocel 12 050 Mn-Si. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a zkušebnictví, 1978.
14. PAVLOK, Bohuslav. *Hydraulické prvky a systémy, Díl 1. Kapaliny v hydraulických mechanismech Hydrostatické převodníky*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2009. 156 s. ISBN 978-80-248-0857-4
15. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 80-864-9074-2.

16. Ferona online - Profil dutý svařovaný černý se čtvercovým průřezem, EN 10219, |rozměr| 180x8. Ferona online - Vítejte [online]. Copyright © 2017 Ferona a.s. [cit. 03.05.2020]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/27428/profil-duty-svarovany-cerny-se-ctvercovym-prurezem-en-10219-rozmer-180x8>
17. Kovintrade - Kovintrade [online]. Copyright © [cit. 05.05.2020]. Dostupné z: <http://www.kovintrade.cz/web/uploads/images/soubory/Toolox33.pdf>
18. CZ FERRO STEEL - hutní materiál, ocelové trubky kalibrované, tažené, uzavřené profily [online]. Dostupné z: <http://www.czferrosteel.cz/pdf/trubky1-S355J2H.pdf>
19. MITcalc (CZ). MITCalc - Mechanical, Industrial and Technical Calculations [online]. Dostupné z: <http://www.mitcalc.com/doc/help/cz/>
20. Smykové tření | Eduportál Techmania. Eduportál | Eduportál Techmania [online]. Copyright © Techmania Science Center, o.p.s. [cit. 07.05.2020]. Dostupné z: <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/sila/odporove-sily/smykove-treni>
21. OK Autrod 12.51. Document Moved [online]. Copyright © 1998 [cit. 10.05.2020]. Dostupné z: <https://www.esab.cz/cz/cz/products/filler-metals/mig-mag-wires-gmaw/mild-steel-wires/ok-autrod-12-51.cfm>
22. MAŇKOVÁ, Ildikó. Progresivní technologie. 1 vyd. Košice: Viena, 2000. 275 s. ISBN 80-7099-430-4.
23. Hydraulické rychlospojky - PPV - Kuličkové standard *elotechnik.cz* [online]. Copyright © ELOtechnik.cz [14.05.2020]. Dostupné z: <https://www.elotechnik.cz/hydraulicke-rychlospojky/hydraulicke-rychlospojky-ppv-kulickove-standard/>
24. Preventivní údržba - ManagementMania.com. [online]. Copyright © 2011 [cit. 14.05.2020]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/preventivni-udrzba-preventive-maintenance>
25. Plazmový řezací stroj Powermax 105 | INTERCUT. *Průmyslová lepidla, tmely a svařovací stroje pro profíky | INTERCUT* [online]. Copyright © [cit. 15.05.2020]. Dostupné z: <https://www.intercut.cz/eshop/p/plazmovy-rezaci-stroj-powermax-105-0-7>
26. Hydraulický ventil pro třetí funkci 12V 50L Hydrolider.cz - hydraulické díly. Hydraulické díly – hydrolider.cz [online]. Dostupné z: https://www.hydrolider.cz/cs_CZ/p/Hydraulicky-ventil-pro-treti-funkci-12V-50L/7268
27. Technologie strojního obrábění. [online]. Dostupné z: <http://mail.sstzr.cz/web/download/cat1/technologie-strojního-obrabení.pdf>

28. Nástroje pro obrábění kovů, břitové destičky a nástrojové držáky. Document Moved [online]. Copyright © Sandvik Coromant [cit. 17.05.2020]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/pages/tools.aspx>
29. NHKZ Steel s.r.o.. *NHKZ Steel s.r.o.* [online]. Dostupné z: <http://nhkz.cz>
30. PETRŮ, J.; ČEP, R. *Technologie obrábění*. Ostrava : Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2013. s. 26. ISBN 978-80-248-3012-4.
31. LHS-22 - A. Moser Kranbau. Moser - A. Moser Kranbau [online]. Dostupné z: <https://www.moser-kranbau.at/produkte/langholzspalter/lhs-22/>
32. Woodcracker L | WESTTECH .:. Woodcracker. WESTTECH .:. Woodcracker | Forsttechnik und Landschaftspflege [online]. Copyright © Westtech Maschinenbau GmbH [cit. 18.05.2020]. Dostupné z: <https://www.westtech.at/cs/prod/woodcracker-l/>
33. ZEIER Forst-Geräte-Center - Kegelspalter.- ZEIER [online]. Dostupné z: <https://www.zeierforst.de/index.php/produkte/spalten/kegelspalter>
34. Fliegl štípač kmenů Crocodile. AGROZET - náhradní díly, zemědělské stroje a technika [online]. Copyright © 2016 [cit. 18.05.2020]. Dostupné z: <https://www.agrozet.cz/e-shop/fliegl-stipac-kmenu-crocodile-d80136.html>

Přílohy – seznam výkresové dokumentace

Čep pístnice	JAN0693-BP-2020-01
Čep hydraulického válce	JAN0693-BP-2020-02
Čep opěrné plochy	JAN0693-BP-2020-03
Čep zajištění	JAN0693-BP-2020-04
Výztuha 2 opěrná plocha	JAN0693-BP-2020-05
Výztuha 3 opěrná plocha	JAN0693-BP-2020-06
Výztuha 3 opěrná plocha	JAN0693-BP-2020-07
Výztuha - tělo štípače	JAN0693-BP-2020-08
Uložení - opěrná plocha s dírou	JAN0693-BP-2020-09
Uložení - opěrná plocha bez díry	JAN0693-BP-2020-10
Uložení - štípací klín	JAN0693-BP-2020-11
Uložení - tělo štípače - opěrná plocha	JAN0693-BP-2020-12
Břit - opěrná plocha	JAN0693-BP-2020-13
Tělo štípače	JAN0693-BP-2020-14
Štípací klín	JAN0693-BP-2020-15
Uložení - tělo štípače s dírou	JAN0693-BP-2020-16
Uložení - tělo štípače bez díry	JAN0693-BP-2020-17
Podpěra - tělo štípače	JAN0693-BP-2020-18
Úchyt opěrné plochy	JAN0693-BP-2020-19
Výztuha 1 opěrná plocha	JAN0693-BP-2020-20
Opěrná plocha	JAN0693-BP-2020-21
Břit klínu	JAN0693-BP-2020-22